

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 90110531.2

Int. Cl.⁵: **C08B 31/12, A61K 31/72**

Anmeldetag: 02.06.90

Priorität: 16.06.89 DE 3919729

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.12.90 Patentblatt 90/51

Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

Anmelder: **Fresenius AG**
Gluckensteinweg 5
D-6380 Bad Homburg v.d.H.(DE)

Erfinder: **Sommermeier, Klaus, Dr.**
Kapersburgstrasse 6b
D-6365 Rosbach v.d.H(DE)
Erfinder: **Cech, Franz, Dr.**
Helgebornstrasse 16
D-6365 Rosbach v.d.H(DE)
Erfinder: **Weidler, Burghard, Dr.**
Friedrich-Ebert Strasse 6
D-6365 Rosbach 1(DE)
Erfinder: **Henning, Klaus, Dr.**
Landrat-Beckmann Strasse 21
D-6390 Usingen 1(DE)

Vertreter: **Dr. Fuchs, Dr. Luderschmidt**
Dipl.-Phys. Selds, Dr. Mehler Patentanwälte
Abraham-Lincoln-Strasse 7, Postfach 4660
D-6200 Wiesbaden(DE)

Hydroxyethylstärke als Plasma-expander und Verfahren zu ihrer Herstellung.

Elne Hydroxyethylstärke zum Einsatz als Plasmaexpander, die erhältlich ist durch hydrolytischen Vor-Abbau einer an Amylopektin reichen Stärke, partielle Hydroxyethylierung bis zu einem bestimmten Substitutionsgrad in Gegenwart von Alkali und anschließenden hydrolytischen Abbau auf ein bestimmtes Molekulargewicht, weist ein mittleres Molekulargewicht von 60.000. - 600.000 und einen Substitutionsgrad MS von 0,15 - 0,5 auf. Das Verhältnis der Substitution an C2 zur Substitution an C6 der Anhydroglucoseeinheiten beträgt 8 - 20, und der Substitutionsgrad DS liegt im Bereich von 0,15 - 0,5. Ein Verfahren zur Herstellung dieser Hydroxyethylstärke verwendet als Hydroxyethylierungsmittel 2- Chlorethanol. Die Hydroxyethylierung wird unter alkalischen Bedingungen bei Raumtemperatur durchgeführt, der pH-Wert bei einem Wert von etwa 12 und die Temperatur bei einem Wert von etwa 20 °C gehalten.

EP 0 402 724 A1

Hydroxyethylstärke als Plasmaexpander und Verfahren zu ihrer Herstellung

Kolloidale Plasmaersatzmittel sind heute im Bereich des Volumenersatzes (z.B. hämorrhagischer Schock) oder der Hämodilution (z. B. arterielle Verschlusskrankheit, Fontaine II B, III) nicht mehr wegzudenken. Von den körperfremden Plasmaersatzmitteln (Stärke, Gelatine, Dextran) hat die Hydroxyethylstärke (HES) in den letzten Jahren die größte Akzeptanz bei beiden Indikationen gefunden.

- 5 Für die gute Akzeptanz der Hydroxyethylstärke im Bereich des Volumenersatzes und der Hämodilution sind die geringe Störung der Gerinnung und die deutlich verminderte Inzidenz schwerer anaphylaktoider Reaktionen im Vergleich zu Dextran verantwortlich. Zudem konnte gezeigt werden, daß die Volumenwirksamkeit der Hydroxyethylstärke je nach Indikation als ausreichend bis gut bezeichnet werden kann, wobei durch die verschiedenen bekannten Hydroxyethylstärke-Präparate, die sich in Molekulargewicht und Substitutionsgrad unterscheiden, eine differenzierte Therapie je nach Zustand des Patienten möglich wird.
- 10 Besonders positiv wird hierbei der geringe kolloidosmotische Druck von Stärkelösungen im Vergleich zu Dextranen bewertet. Bezogen auf die Niere beinhaltet die niedrigere Urinviskosität ein geringeres Risiko der renalen Funktionsminderung. Im Bereich der Hämodilution konnte als therapeutisch wirksames Prinzip der HES-induzierten rheologischen Verbesserung, neben der Senkung des Hämatokrits vor allem die Reduktion der Plasmaviskosität herausgearbeitet werden. Hierdurch ergeben sich therapeutische Vorteile gegenüber anderen körperfremden Plasmaersatzmitteln.

Bereits bekannte Hydroxyethylstärken, die als Plasmaexpander eingesetzt werden, weisen verschiedene Molekulargewichte M_w sowie Substitutionsgrade MS und DS als auch verschiedene Substitutionsmuster auf.

- 20 Bedingt durch den Einsatz des natürlichen Ausgangsrohstoffes Amylopektin sowie durch das Herstellungsverfahren, bei dem im gewissen Umfang eine Spaltung der Polymerketten notwendig ist, liegt Hydroxyethylstärke nicht als molekulareinhaltliche Substanz mit definiertem Molekulargewicht vor, sondern als Gemisch von Molekülen unterschiedlicher Größe, die auch verschieden durch Hydroxyethylgruppen substituiert sind. Die Charakterisierung solcher Gemische bedarf der Zuhilfenahme statistisch gemittelter Größen (vgl. K. Sommermeyer et. al., "Klinisch verwendete Hydroxyethylstärke: Physikalisch-chemische Charakterisierung", Krankenhauspharmazie, 271 (1987)). Zur Kennzeichnung des durchschnittlichen Molekulargewichts dient daher das gemittelte Molekulargewicht M_w . Die allgemeine Definition dieses Mittelwerts lautet:

$$M_w = \frac{\sum_i N_i \cdot M_i^w}{\sum_i N_i \cdot M_i^{w-1}}$$

Für die Erfassung der Substitution durch Hydroxyethylgruppen existieren zwei unterschiedlich definierte Substitutionsgrade.

- 40 Der Substitutionsgrad MS (molar substitution) ist definiert als die durchschnittliche Anzahl von Hydroxyethylgruppen pro Anhydroglucoseeinheit. Er wird ermittelt aus der Gesamtanzahl der Hydroxyethylgruppen in einer Probe, beispielsweise nach Morgan, durch Ätherspaltung und anschließender quantitativer Bestimmung von Ethyliodid und Ethylen, die hierbei gebildet werden.

- Hingegen ist der Substitutionsgrad DS (degree of substitution) definiert als der Anteil der substituierten Anhydroglucoseeinheiten aller Anhydroglucoseeinheiten. Ihn kann man bestimmen aus der gemessenen Menge der unsubstituierten Glucose nach Hydrolyse einer Probe. Aus diesen Definitionen ergibt sich, daß MS > DS. Für den Fall, daß nur Monosubstitution vorliegt, also jede substituierte Anhydroglucoseeinheit nur eine Hydroxyethylgruppe trägt, ist MS = DS.

- Es ist bekannt, daß α -Amylase Hydroxyethylstärken in dem Sinne abbaut, daß nur glycosidische Bindungen unsubstituierter Anhydroglucoseeinheiten gespalten werden. Es ist weiterhin bekannt, daß mit steigendem Substitutionsgrad MS bzw. DS die Eliminierung von Hydroxyethylstärken aus dem Plasma verlangsamt wird.

Des weiteren ist bekannt, daß bei gleichem MS, DS und gleicher Molekulargewichtsverteilung überwiegend in 6-Position substituierte Stärken schneller eliminiert werden als überwiegend in 2-Position substitu-

ierte Stärken.

Insofern gelangten für pharmazeutische Zwecke ausschließlich Hydroxyethylstärken zur Anwendung, die ein niedriges C2/C6-Verhältnis aufweisen bzw. hoch substituiert sind.

So beschreibt die GB-PS 1,395,777 überwiegend in 6-Position substituierte Hydroxyethylstärken entsprechend einem Verhältnis C2/C6 von 0,5 bis 2,0. Diese Hydroxyethylstärken werden durch Reaktion von Wachsmaisstärke mit Ethylenoxid mit Alkali im Überschuß hergestellt.

In der DE-OS 28 14 032 wird ein Verfahren zur Herstellung von als Blutplasmaexpander geeigneter Hydroxylstärke beschrieben, wobei die Stärke alkalisch hydroxyethyliert, dann das Reaktionsgemisch neutralisiert und die gebildete Hydroxyethylstärke aus dem Reaktionsgemisch mit einem Lösungsmittel, wie Dimethylformamid, in dem die durch die Neutralisation entstandenen Salze nur wenig bis gar nicht löslich sind, extrahiert wird. Die erhaltene Hydroxyethylstärke weist ein molares Verhältnis von 2-O-Hydroxyethylanhydroglucose zu 6-O-Hydroxyethylanhydroglucose von etwa 1 auf.

Gemäß dem in der DE-OS 33 13 600 beschriebenen Verfahren zur Herstellung von Plasmastreckmitteln auf Stärkebasis, bei dem der Abbauschritt der an Amylopektin reichen Stärke zumindest teilweise enzymatisch durchgeführt wird, wird der Abbau der Stärke bis zu einem Molekulargewicht von 40.000 bis 1.000.000 Dalton, insbesondere von 200.000 bis 450.000 Dalton, und die Veretherung bis zu einem Substitutionsgrad (MS) von 0,1 bis 0,8 bzw. 0,5 bis 0,8, insbesondere von 0,5 bis 0,7 (vgl. Seite 8, Absatz 3), durchgeführt. Das Verhältnis der Substitution an C2 gegenüber der Substitution an C6 ist niedrig (vgl. Seite 5, Absatz 2).

Die genannten Hydroxyethylstärken haben den Nachteil, daß sie keine vollständige Abbaubarkeit aus dem Plasma innerhalb einer Zeitspanne von ca. 6-12 Stunden gewährleisten und außerdem, aufgrund ihres hohen Substitutionsgrades MS ($MS > 0,5$) die Gefahr in sich bergen, daß bei den üblichen Wiederholungsinfusionen über längere Zeiträume eine Akkumulation von schwer eliminierbaren Anteilen im Serum und im Gewebe entsteht. Durch diese Langzeitspeicherung kann es zu allergischen Reaktionen, wie z.B. Nesselfieber etc., kommen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Hydroxyethylstärke zur Verfügung zu stellen, die innerhalb einer physiologisch vernünftigen Zeit restlos abbaubar ist.

Eine weitere Aufgabe besteht darin, eine HES zur Verfügung zu stellen, das dennoch aufgrund der Wahl eines geeigneten MS- bzw. DS-Wertes und des Molekulargewichts ein steuerbares Eliminationsverhalten aufweist.

Ausgangsprodukte für die Gewinnung von Hydroxyethylstärke sind solche Stärken, die einen hohen Gehalt an Amylopektin, der hochverzweigten Komponente von Stärke, aufweisen, insbesondere Kartoffelstärke, Wachsmaisstärke, Sorghumstärke oder wachstartige Reisstärke.

Zur groben Voreinstellung des beabsichtigten Molekulargewichts werden diese Stärken einer hydrolytischen Abbaureaktion unterworfen. Dabei wird das Molekulargewicht von etwa 20.000.000 Dalton auf mehrere Millionen Dalton reduziert.

Bei der anschließenden alkalischen Hydroxyethylierung mit bekannten Hydroxyethylierungsmitteln ist die Einführung einer Hydroxyethylgruppe in Position 2, 3 und 6 der Anhydroglucoseeinheit möglich. Disubstituierte Einheiten, wie 2,3-Dihydroxyethylanhydroglucose, 2,6-Dihydroxyethylanhydroglucose werden dabei mit geringerer Wahrscheinlichkeit bei der Synthese gebildet. Die Reaktivität der einzelnen Hydroxygruppen in der unsubstituierten Anhydroglucoseeinheit gegenüber Hydroxyethylierung ist je nach Reaktionsbedingungen unterschiedlich. Innerhalb gewisser Grenzen ist dadurch das Substitutionsmuster, also die einzelnen, unterschiedlich substituierten Anhydroglucoseen, die statistisch auf die einzelnen Polymerelemente verteilt sind, beeinflussbar. Vorteilhaft werden überwiegend die 2- und die 6-Position hydroxyethyliert, wobei die 6-Position aufgrund ihrer leichteren Zugänglichkeit bevorzugt substituiert wird.

Das Ziel der vorliegenden Erfindung, nämlich die Darstellung einer innerhalb einer physiologisch vernünftigen Zeit restlos abbaubaren Hydroxyethylstärke, die auf der anderen Seite dennoch ein steuerbares Eliminationsverhalten aufweist, wird erreicht durch eine überwiegend in 2-Position substituierte Stärke, die möglichst homogen substituiert ist, wobei MS ungefähr gleich DS ist.

Die überwiegende 2-Substitution macht die Hydroxyethylstärke relativ schwierig abbaubar für α -Amylase. Es ist von Vorteil, daß möglichst keine innerhalb der Polymerelemente hintereinander substituierten Anhydroglucoseeinheiten auftreten, um die restlose Abbaubarkeit zu gewährleisten.

Dies kann dadurch erreicht werden, daß man entsprechend niedrig substituiert, was es erlaubt, die Moleküle statistisch im Sinne einer über die gesamten Moleküle verteilten Substitution zu derivatisieren. Dadurch erhält man substituierte Anhydroglucoseen in relativ großem Abstand zueinander, wodurch der durch die überwiegende 2-Substitution bedingte Effekt der Verlangsamung des α -Amylaseabbaus kompensiert und eine Steuerbarkeit der Abbaugeschwindigkeit erreicht werden kann.

Es wurde gefunden, daß Hydroxyethylstärken, die außergewöhnlich niedrig substituiert sind ($MS < 0,5$) und die ein hohes Verhältnis der Substitution an C2 zur Substitution an C6 der Anhydroglucoseeinheiten

aufweisen, innerhalb der ersten Stunden der Infusion rasch und vollständig aus dem menschlichen Körper eliminiert werden.

Weiterhin wurde gefunden, daß solche Hydroxyethylstärken trotz der niedrigen Substitution, entgegen der Meinung der Fachwelt, eine ausreichend hohe Löslichkeit in wässrigem Medium besitzen, so daß die Lösungen auch über längere Zeiträume stabil sind und sich keine Agglomerate bzw. Gele bilden, die den weiteren Einsatz als Plasmaexpander-Lösung verbieten würden. Hydroxyethylstärken mit den oben beschriebenen Charakteristika vereinigen deshalb die generellen Vorteile von Hydroxyethylstärke gegenüber anderen Plasmaexpander-Typen, wie Gelatine oder Dextran, und vermeiden die Nachteile der bisher bekannten Hydroxyethylstärke-Typen, die zu den beschriebenen Indikationen eingesetzt werden.

Hydroxyethylstärken mit den genannten Eigenschaften können erhalten werden mit Hilfe eines Verfahrens, das im wesentlichen folgende Schritte enthält:

a) Vorextrahieren der verwendeten Stärke mit Methanol zur Entfernung von Pflanzenfarbstoffen und Blockierung von reaktiven Gruppen. So werden z.B. reaktive Aldehyd-Gruppierungen teilweise durch Acetalbildung inaktiviert.

b) Methanolische Hydrolyse zur Grobeinstellung des Molekulargewichts mit einer 20 - 40%igen, bevorzugt 30%igen methanolischen Suspension der Stärke mit 1% HCl, wobei diese für 2 - 4h, bevorzugt 3h, auf 30 - 50 °C, bevorzugt 40 °C, gehalten wird. Das Ende der Reaktion wird dabei durch Neutralisation mit 1 N NaOH und anschließendes Abkühlen auf Raumtemperatur erreicht. Anschließend wird die Suspension chloridfrei gewaschen.

c) Alkaliwäsche zur Proteinextraktion, wobei eine 30 - 50%ige, bevorzugt 40%ige Suspension in 0,1 N NaOH hergestellt wird und diese 1 - 3 h, bevorzugt 2h, bei 30 - 50 °C, bevorzugt 40 °C, gehalten wird. Anschließend wird die Prozedur bei Raumtemperatur wiederholt.

d) Hydroxyethylierung mit einem Hydroxyethylierungsmittel, z.B. Ethylenoxid, und in einer besonders bevorzugten Ausführungsform, 2-Chlorethanol, wobei das molare Verhältnis von vorbehandelter Stärke zu Hydroxyethylierungsmittel dem gewünschten Substitutionsgrad angepaßt wird. Die Stärke wird in 20 - 40%iger, bevorzugt 30%iger Suspension in 1 N NaOH 2h bei 30 - 50 °C, bevorzugt 40 °C unter Stickstoff gelöst. Innerhalb 6 - 10 Stdn., bevorzugt 7 - 8 Stdn., wird das Hydroxyethylierungsmittel bei Raumtemperatur zugetropft, wobei durch Zugabe von 10 N NaOH verhindert wird, daß der pH-Wert unter 12 absinkt. Anschließend wird mit 10%iger HCl neutralisiert.

e) Die Lösung wird auf 40 - 70 °C, bevorzugt 60 °C, erwärmt, mit 0,2 % HCl versetzt, und die Hydrolyse viskosimetrisch verfolgt. Die Reaktion wird durch Neutralisation mit NaOH und Abkühlen auf Raumtemperatur beendet.

f) Reinigung durch Filtration über ein Tiefenfilter und Ultrafiltration über ein Hohlfaser-Modul mit einer Trenngrenze von ca. 30.000 Dalton.

g) Sprühtrocknung der Endprodukte in an sich bekannter Weise.

Die erfindungsgemäßen Hydroxyethylstärken sind auch geeignet als Kohlenhydratkomponente bei der enteralen Ernährung von Diabetikern, da bezüglich der Abbaubarkeit dieselben Überlegungen gelten.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Beispiels näher erläutert.

500g Wachsmaisstärke werden in einem Liter trockenem Methanol aufgeschlämmt und zum Sieden erhitzt. Nach dem Abkühlen wird das Methanol abgesaugt und die Stärke mit Wasser nachgewaschen. Der Waschvorgang wird einmal wiederholt.

Die Stärke mit einem Restfeuchtegehalt von 28,13 % wird in 30-%iger methanolischer Suspension mit 1 % HCl 3 Stunden bei 40 °C hydrolysiert. Die Reaktion wird durch Neutralisation mit 1 N NaOH in Methanol und Abkühlen auf Raumtemperatur gestoppt. Nach dem Absaugen zeigt die Stärke einen Restfeuchtegehalt von 16,12 % und ein mittleres Molekulargewicht von 900.000.

Die Stärke wird in einem Liter H₂O aufgeschlämmt, gerührt, abgesaugt und chloridfrei gewaschen. Nach dem Trockensaugen hat die Stärke einen Restfeuchtegehalt von 51,29 %.

Anschließend wird die Stärke in 40 %-iger Suspension in 0,1 N NaOH 2 Stunden bei 40 °C gerührt, wieder auf Raumtemperatur abgekühlt und trockengesaugt (Restfeuchtegehalt 48,60 %). Der Vorgang wird bei Raumtemperatur einmal wiederholt.

418,0 g (2,58 Mol) der vorbehandelten Stärke werden in 30 %-iger Suspension in 1 N NaOH bei 40 °C unter Stickstoff gelöst. Innerhalb von 7 - 8 Stdn. werden bei 20 °C 51,9 ml (0,77 Mol) 2-Chlorethanol zugetropft. Durch Zugabe von NaOH wird ein Absinken des pH-Wertes unter 12 vermieden. Danach wird mit 10 %-iger HCl neutralisiert.

Die Lösung wird nach einer 1:1-Verdünnung mit Wasser über einen Tiefenfilter (Seitz T750) filtriert.

Danach wird auf 60 °C erwärmt, mit 25 %iger HCl auf eine HCl-Konzentration von 0,2 eingestellt und 4 Stdn. hydrolysiert. Die Lösung wird durch Zugabe von Natronlauge auf pH 6,0 neutralisiert und auf Raumtemperatur abgekühlt. Anschließend wird über ein Seitz EKS-Filter filtriert.

Die klare Lösung wird nun über ein Hohlfaser-Modul mit einer Trenngrenze von ca. 30.000 Dalton ultrafiltriert und das verbliebene Retentat sprühgetrocknet.

Man erhält eine Hydroxyethylstärke mit einem mittleren Molekulargewicht von 234.000 und einem molaren Substitutionsgrad von 0,26. Das C2/C6-Verhältnis beträgt 9,34. Die auf diese Weise hergestellte Hydroxyethylstärke weist folgendes, durch vollständige Hydrolyse von HES und anschließende Bestimmung von Glucose und deren Hydroxyethylsterivate über Trimethylsilylierung bestimmbares Substitutionsmuster (Flächenprozent) auf:

10	Glucose:	81,42 %
	2-O-Hydroxyethylglucose:	12,42 %
	3-O-Hydroxyethylglucose:	2,70 %
	6-O-Hydroxyethylglucose:	1,33 %
	2,2-O-Dihydroxyethylglucose:	0,21 %
15	2,3-O-Dihydroxyethylglucose:	0,51 %
	2,6-O-Dihydroxyethylglucose:	0,17 %
	3,3-O-Dihydroxyethylglucose:	0,10 %
	3,6-O-Dihydroxyethylglucose:	0,05 %

20

Ansprüche

25 1. Hydroxyethylstärke zum Einsatz als Plasmaexpander, erhältlich durch hydrolytischen Vor-Abbau einer an Amylopektin reichen Stärke, partielle Hydroxyethylierung bis zu einem bestimmten Substitutionsgrad in Gegenwart von Alkali und anschließenden hydrolytischen Abbau auf ein bestimmtes Molekulargewicht, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein mittleres Molekulargewicht von 60.000-600.000 und einen Substitutionsgrad MS von 0,15 bis 0,5 aufweist,
30 das Verhältnis der Substitution an C2 zur Substitution an C6 der Anhydroglucoseeinheiten 8 - 20 beträgt und der Substitutionsgrad DS im Bereich von 0,15 bis 0,5 liegt.

2. Hydroxyethylstärke nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein mittleres Molekulargewicht von 80.000 bis 400.000 und einen Substitutionsgrad MS von 0,2 - 0,4 aufweist, das Verhältnis der Substitution an C2 zur Substitution an C6 der Anhydroglucoseeinheiten 8 - 20 beträgt und der Substitutionsgrad DS im Bereich von 0,15 bis 0,40 liegt.

3. Hydroxyethylstärke nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein mittleres Molekulargewicht von 100.000 - 300.000 und einen Substitutionsgrad MS von 0,25 - 0,35 aufweist, das Verhältnis der Substitution an C2 zur Substitution an C6 der Anhydroglucoseeinheiten 8 - 20 beträgt und der Substitutionsgrad DS im Bereich von 0,2 bis 0,35 liegt.

4. Verfahren zur Herstellung von Hydroxyethylstärke nach Anspruch 1, bei dem
a) Stärke, die einen Gehalt an Amylopektin von > 95 % aufweist, mit Methanol vorextrahiert wird,
b) die Stärke durch Säurehydrolyse auf ein geeignetes mittleres Molekulargewicht gebracht wird,
45 c) die Stärke einer Alkalwäsche unterworfen wird,
d) die Stärke mittels eines Hydroxyethylierungsmittels unter alkalischen Bedingungen hydroxyethyliert wird,
e) das Molekulargewicht durch Säurehydrolyse genau eingestellt wird,
f) die so erhaltene Hydroxyethylstärke gereinigt und
g) sprühgetrocknet wird,
50 dadurch gekennzeichnet, daß als Hydroxyethylierungsmittel 2-Chlorethanol verwendet wird und die Hydroxyethylierung unter alkalischen Bedingungen bei Raumtemperatur durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der pH-Wert bei einem Wert von etwa 12 während der Hydroxyethylierung gehalten wird.

55 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur bei einem Wert von etwa 20 bis 25 °C gehalten wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Hydroxyethylstärke durch Filtration und Ultrafiltration gereinigt wird.